

## KARAKTERISTIK INORGANIK ION DALAM PM<sub>2.5</sub> DI SEKITAR LAHAN GAMBUT (STUDI KASUS: KABUPATEN SIAK, PROVINSI RIAU)

Dadang Setiawan<sup>\*</sup>, Ir. Mochtar Hadiwidodo, MSi<sup>\*\*</sup>, Dr. Haryono Setiyo Huboyo<sup>\*\*</sup>)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email: [Setiawand6325@gmail.com](mailto:Setiawand6325@gmail.com)

### ABSTRAK

PM<sub>2.5</sub> (*fine particle*) adalah partikel dengan diameter aerodinamis  $\leq 2,5 \mu\text{m}$ . PM<sub>2.5</sub> di atmosfer dapat bertahan selama beberapa jam sampai beberapa hari dalam cuaca normal. PM<sub>2.5</sub> dapat menyebabkan masalah kesehatan pada sistem pernapasan manusia. Hasil penelitian yang dilakukan di sekitar lahan gambut di Siak diperoleh konsentrasi PM<sub>2.5</sub> tertinggi 55,703  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Angka ini dibandingkan dengan standar kualitas untuk pengukuran 24-jam PM<sub>2.5</sub> dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, masih dalam batas yang diizinkan ( $<65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Komposisi ion anorganik dianalisis, sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Kalium ( $\text{K}^+$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), Natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Kontribusi ion anorganik untuk konsentrasi PM<sub>2.5</sub> sekitar 9,5 % oleh  $\text{SO}_4^{2-}$  sebagai ion dominan yang memiliki konsentrasi rata-rata 1,501  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dengan ion dominan berupa  $\text{SO}_4^{2-}$  dapat disimpulkan bahwa sumber pencemar dominan sampel berasal dari kendaraan bermotor dan pengaruh sedikit dari pembakaran biomassa berdasarkan analisis perbandingan rasio konsentrasi ion anorganik sampel dengan data sekunder dari jurnal penelitian sebelumnya.

Kata kunci : polusi udara, Lahan Gambut, PM<sub>2.5</sub>, inorganik ion.

### ABSTRACT

PM<sub>2.5</sub> (*fine particles*) is particulate matter with an aerodynamic diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ . PM<sub>2.5</sub> lifetime in the atmosphere for a few hours to several days in normal weather. PM<sub>2.5</sub> can cause health problems to the human respiratory system. Results of research conducted around peatlands in Siak obtained the highest PM<sub>2.5</sub> concentration of 55.703  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . This figure compared with the quality standard for the 24-hour measurement of PM<sub>2.5</sub> in Government Regulation No. 41 of 1999 on air pollution control, is still within the permissible limit ( $<65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). The composition of inorganic ions are analyzed, sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), Potassium ( $\text{K}^+$ ), chloride ( $\text{Cl}^-$ ), Sodium ( $\text{Na}^+$ ), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) and magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Contributions inorganic ions to PM<sub>2.5</sub> concentration of about 9.5% by  $\text{SO}_4^{2-}$  as the dominant ion which has an average concentration of 1.501  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . With the dominant form of  $\text{SO}_4^{2-}$  ions can be concluded that the dominant pollutant source of samples is derived from motor vehicles and influence from the biomass burning based on a comparative analysis of inorganic ion concentration ratio of samples with secondary data from previous research journals.

Keywords: air pollution, Peatlands, PM<sub>2.5</sub>, Inorganic ions.

## 1 PENDAHULUAN

Pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, gangguan pada kesehatan manusia secara umum serta menurunkan kualitas lingkungan. Sumber pencemar di udara dapat digolongkan menjadi 2 yaitu kegiatan yang bersifat alami (natural) dan kegiatan manusia (antropogenik). Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dan lain sebagainya. Sedangkan pencemaran antropogenik banyak dihasilkan dari aktivitas transportasi, industri, rokok, dari persampahan, baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran, dan rumah tangga (Soedomo, 2000). Kabupaten Siak sebagian besar terdiri dari dataran rendah di bagian Timur dan sebagian dataran tinggi di sebelah barat. Potensi gambut di Kabupaten Siak ini mempunyai wilayah yang cukup luas daerah penyebarannya. Penyebaran lahan gambut ini menempati satuan morfologi dataran rendah. Daerah kawasan gambut terletak di sekitar daerah Libo ke arah utara dan barat, daerah sekitar Lubuk Dalam ke arah timur hingga daerah Zamrud, daerah Kecamatan Sungai Apit dan daerah Perawang (Siak Dalam Angka, 2014). Pada musim kemarau lahan gambut yang berada di Kabupaten Siak ini sangat rawan terbakar sehingga dapat menimbulkan pencemaran udara yang bahkan sampai ke negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura. Kebakaran lahan gambut ini disebabkan karena beralih fungsinya lahan gambut tersebut menjadi perkebunan kelapa sawit, sehingga pada musim kemarau lahan gambut ini sangat kering dan menjadi mudah terbakar. Badan Pusat Statistik Provinsi Riau mencatat luas lahan perkebunan kelapa sawit pada tahun 2012 di wilayah Provinsi Riau mencapai 2.372.402 Ha atau seperempat dari luas wilayah Provinsi Riau dan terus bertambah hingga kini ([Dephut.go.id/ProvinsiRiau](http://Dephut.go.id/ProvinsiRiau), 2014; [greenpeace.org](http://greenpeace.org), 2014). Inorganik ion terdiri dari tiga komponen utama yaitu sulfat, nitrat, dan ammonium. Selain amonium, sulfat, dan nitrat, berbagai ion anorganik yang larut dalam air lainnya juga hadir dalam aerosol atmosfer. Mereka termasuk  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$ , dan pada tingkat lebih rendah  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan fosfat. Meskipun ion ini terkadang hanya berkontribusi kecil terhadap massa polutan partikulat, akan tetapi inorganik ion ini penting untuk perhitungan massa aerosol dan sebagai pelacak untuk penentuan sumber pencemar (Wan Wang, 2010). Karakteristik inorganik ion pada berbagai sumber pencemar memiliki ion dominan yang berbeda. Pada penelitian tentang karakteristik inorganik ion akibat dari asap kendaraan bermotor memiliki ion dominan berupa  $\text{SO}_4^{2-}$  dan karakteristik inorganik ion

akibat dari kegiatan memasak memiliki ion dominan berupa  $\text{Cl}^-$ , serta untuk mengetahui sumber pencemar yang berasal dari kebakaran biomassa dapat diketahui dengan melihat rasio potassium ( $\text{K}^+$ ) terhadap massa  $\text{PM}_{2.5}$ . Inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$ . Polutan yang ada di udara ambien berdampak buruk bagi manusia maupun makhluk hidup sehingga perlu adanya identifikasi sumber pencemar sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan pada sumber pencemar (Balasubramanian *et al.*, 2003; Kumar *et al.*, 2007; Chow *et al.*, 2004; L.A Jimoda, 2012). Untuk mengetahui komposisi inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  ambien di sekitar lahan gambut, membuat penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Karakteristik Inorganik Ion Dalam  $\text{PM}_{2.5}$  Ambien di Sekitar Lahan Gambut (Studi Kasus: Kabupaten Siak Provinsi Riau)”.

## 2 DASAR TEORI

### 2.1 Inorganik ion

Inorganik ion berasal dari kata ion dan anorganik, dimana ion adalah atom atau sekumpulan atom yang bermuatan listrik dan anorganik adalah senyawa yang terdapat di alam yang biasanya sebagai penyusun material atau benda tak hidup. Inorganik ion terdiri dari tiga komponen utama yaitu sulfat, nitrat, dan ammonium. Selain amonium, sulfat, dan nitrat, berbagai ion anorganik yang larut dalam air lainnya juga hadir dalam aerosol atmosfer. Mereka termasuk  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$ , dan pada tingkat lebih rendah  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan fosfat. Meskipun ion ini terkadang hanya berkontribusi kecil terhadap massa polutan partikulat, akan tetapi inorganik ion ini penting untuk perhitungan massa aerosol dan sebagai pelacak untuk penentuan sumber pencemar. Aerosol air laut berasal dari sumber utama yaitu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$ , aerosol air laut juga dari  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Br}^-$ . Dalam aerosol kontinen,  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{K}^+$  memiliki kontribusi penting dari penyebaran debu mineral.  $\text{K}^+$  adalah indikator yang baik untuk pembakaran biomassa dan pembakaran sampah perkotaan, karena sangat banyak dijumpai dalam asap biomassa (Wan Wang, 2010). Inorganik ion berkontribusi terhadap konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  di udara ambien, besarnya kontribusi inorganik ion di udara ambien dalam jurnal penelitian yaitu  $\pm 12\%$ . Penyusun utama inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  adalah  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{NH}_4^+$  (Dhananjay K *et al.*, 2011). Rata-rata kontribusi dari inorganik ion terhadap konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1 Persentase kontribusi inorganik ion terhadap konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$**

Parameter	Rata-rata (%)	Konsentrasi rata-rata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$\text{PM}_{2.5}$	-	135,0
$\text{Cl}^-$	1,26	2,06
$\text{NO}_3^-$	1,85	3,16

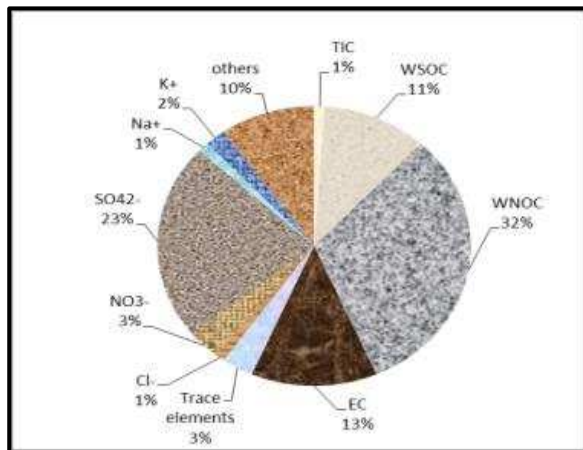
Parameter	Rata-rata (%)	Konsentrasi rata-rata ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$\text{SO}_4^{2-}$	4,37	6,75
$\text{Na}^+$	1,04	1,08
$\text{NH}_4^+$	1,66	2,13
$\text{K}^+$	0,55	0,87
$\text{Mg}^{2+}$	0,18	0,18
$\text{Ca}^{2+}$	0,66	0,70

(Sumber: Dhananjay K Deshmukh et al., 2011)

## 2.2 Konsentrasi inorganik ion dari berbagai sumber pencemar

### [1] pembakaran biomassa

Dalam jurnal yang berjudul *comprehensive characterization of  $\text{PM}_{2.5}$  aerosols in Singapore* (Balasubramanian R et al., 2003) dapat dijadikan sebagai acuan karakteristik inorganik ion di udara ambien sebagai dampak dari kebakaran biomassa.



**Gambar 2.3** Komposisi inorganik ion akibat pembakaran biomassa

(Sumber : Balasubramanian R et al., 2003)

### [2] aerosol air laut (seasalt aerosol)

Konsentrasi dari non-seasalt sulfate ( $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ), non-seasalt potassium ( $\text{nss-K}^+$ ), dan non-seasalt  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{nss-Ca}^{2+}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{nss- SO}_4^{2-} = [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{Na}^+] \cdot 0.2516$$

$$\text{nss- K}^+ = [\text{K}^+] - [\text{Na}^+] \cdot 0.037$$

$$\text{nss Ca}^{2+} = [\text{Ca}^{2+}] - [\text{Na}^+] \cdot 0.0385$$

### [3] asap kendaraan bermotor

Ion dominan dari asap kendaraan bermotor yaitu berupa  $\text{SO}_4^{2-}$  dengan konsentrasi maksimum mencapai  $23,35 \mu\text{g m}^{-3}$  (Kumar et al., 2007). Chow dalam jurnalnya yang berjudul *Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the Big Bend Regional Aerosol Visibility and Observational study* menjelaskan bahwa ion dominan dari gas buang dari kendaraan bermotor yaitu berupa  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**Tabel 2.2** Inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  kendaraan bermotor

Species [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Kumar et.al., 2007	Chow et.al., 2003
$\text{Cl}^-$	1.8-10.51	$0.3676 \pm 0.9508$
$\text{NO}_3^-$	0.89-4.76	$0.3664 \pm 1.1901$
$\text{SO}_4^{2-}$	3.2-23.35	$2.1363 \pm 3.2353$
$\text{Na}^+$	2.8-7.28	$0.3232 \pm 0.2649$
$\text{NH}_4^+$	2.3-8.52	$0 \pm 1.3764$
$\text{K}^+$	0.89-6.6	$0.1336 \pm 0.1684$
$\text{Mg}^{2+}$	0.3-1.95	
$\text{Ca}^{2+}$	1.19-5.49	
F	0.140.76	

Keterangan: = ion dominan

### [4] kegiatan memasak

Dalam jurnal Judith C. Chow diketahui ada beberapa karakteristik dari inorganik ion dari kegiatan memasak yang dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2.3** Inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  dari kegiatan memasak

Species [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Smoked Chicken	Charbroiled chicken	Chicken over propane	Charbroiled hamburger	Steak stirfry	Cooking composite
$\text{Cl}^-$	1.6273	0.0634	0.7384	0.0349	0.9539	0.7589
$\text{NO}_3^-$	0.5177	0.0892	0.0771	0.0777	1.0348	0.2691
$\text{SO}_4^{2-}$	0.5366	0.1320	0.5776	0.1974	0.0000	0.3816
$\text{Na}^+$	0.2871	0.0726	0.3922	0.1360	0.0000	0.2373
$\text{NH}_4^+$	0.1927	0.0399	0.0000	0.0000	0.0000	0.0482
$\text{K}^+$	0.4558	0.0218	0.2392	0.1094	0.0000	0.2155

Sumber: Judith C Chow, 2003

### [5] industri

Dalam jurnal penelitian Judith C. Chow besarnya kontribusi inorganik ion terhadap massa  $\text{PM}_{2.5}$  dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  dari kegiatan industri

Species [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Coal-fired boiler composite	Cement Kiln	Catalytic cracker
$\text{Cl}^-$	0.8973	7.1209	0.5207
$\text{NO}_3^-$	0.6865	8.9073	0.0000
$\text{SO}_4^{2-}$	28.7433	31.3778	59.2005
$\text{Na}^+$	1.1618	1.5489	0.0713
$\text{NH}_4^+$	1.7887	2.3589	0.1433
$\text{K}^+$	0.2247	10.0849	0.0143

Sumber: Judith C Chow, 2003

### 3 METODOLOGI

#### 3.1 Lokasi sampling

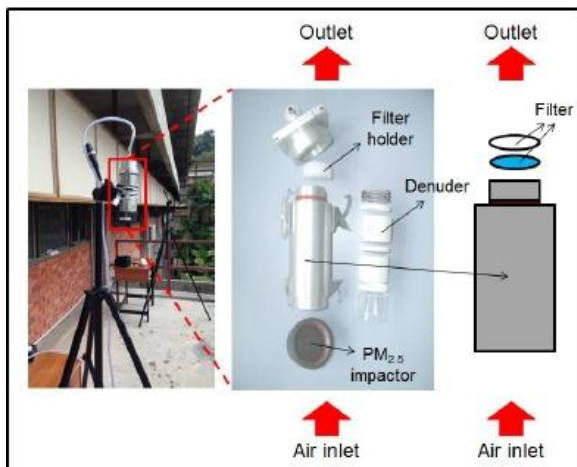
Lokasi pengambilan sampel dalam penelitian ini yaitu di Desa Dayun Kecamatan Dayun Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Lokasi pengambilan sampel berada di empat titik sampling, dimana titik sampling 1 dan 3 berada di wilayah pemukiman dan untuk titik sampling 2 dan 4 berada di wilayah perkebunan kelapa sawit yang sering terjadi kebakaran lahan. Pada titik 2 dan 4 ini dilakukan sampling pada siang hari dikarenakan kondisi lokasi yang tidak memungkinkan untuk dilakukan sampling pada malam hari.



**Gambar 3.1 Lokasi sampling**  
(Sumber: Google Earth, 2014)

#### 3.2 Prosedur sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada udara ambien dengan menggunakan alat sampling yaitu VOC denuders (*ChemComb Thermo denuder model 3500, Thermo*) with Pump (*Leland Legacy*). Pengambilan sampel dilakukan selama 12 jam dan dilakukan secara kontinyu dengan mengganti filter pada alat sampling.



**Gambar 3.2 PM 2.5 Sampling system with VOCs denuders**

#### 3.3 Analisa massa PM<sub>2.5</sub>

Analisa massa PM<sub>2.5</sub> yaitu dengan menggunakan metode gravimetri.

$$MC = \frac{DW \times 10^6}{V}$$

MC = Konsentrasi Massa

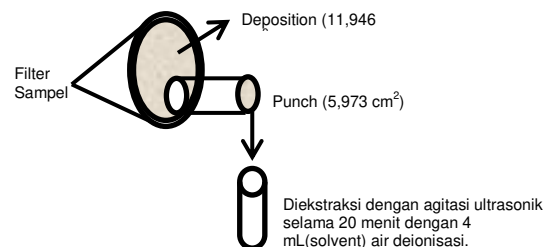
DW = Perubahan massa dari filter blanko awal dan berat bobot setelah pengumpulan.

10<sup>6</sup> = Faktor konversi dari gram (g) ke mikrogram (μg)

V = Volume udara yang melewati filter

#### 3.4 Analisa inorganik ion

Untuk mendapatkan konsentrasi inorganik ion dalam PM<sub>2.5</sub> ambien seperti Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan Cl<sup>-</sup> yaitu dengan menggunakan alat Ion Chromatography Shimadzu. Sebagian dari Teflon (5.97 cm<sup>2</sup>) digunakan untuk analisis ion anorganik. Setiap filter diekstraksi dengan agitasi ultrasonik selama 20 menit dengan menggunakan 4 mL air deionisasi. Ekstrak disaring melalui Teflon syringe filter (ukuran pori 0,45 μm) dan dianalisis dengan metode ion exchange chromatography (HIC-10A, Shimadzu). Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan konsentrasi inorganik ion dalam PM<sub>2.5</sub> (Maenhaut et.al. 2002). Filter blanko adalah faktor dan pertimbangan untuk tujuan perhitungan. Konsentrasi macam-macam zat kimia dihitung dengan pengurangan terhadap nilai filter blanko dari sampel dilapangan (Kumar et.al.,2007).



- 1) Kalibrasi ion-ion terlarut

$$\text{Ion conc. for calibration} = \frac{\text{ion Conc for original standard}}{\text{Dilution Ratio}}$$

- 2) Penentuan luas area yang terbaca dengan Ion Chromatography (IC)

Area [-] = area filter sampel – area rata-rata blank filter

- 3) Konsentrasi inorganik ion (mg/l)

konsentrasi ion (mg/l) = (area [-] x slope) + intercept

- 4) Konsentrasi inorganik ion (μg/m<sup>3</sup>)

$$\text{Konsentrasi ion } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\text{ion concentration } (\text{mg}/\text{l}) \times \text{solvent } (\text{ml}) \times \text{Deposition } (\text{cm}^2)}{\text{punch } (\text{cm}^2) \times \text{volume udara } (\text{m}^3)}$$

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Meteorologi

Data meteorologi yang diukur pada saat sampling yaitu arah dan kecepatan angin, suhu, serta tekanan udara. Data meteorologi –pada saat sampling dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Data meteorologi**

Parameter Sampel	Suhu (°C)	Arah angin dominan	Kec. angin rata-rata (m/s)	Tekanan Udara (hPa)	Kelembaban (%RH)
Sampel 1	26,6	Selatan	0,28	1001,3	93.35
Sampel 2	35,03	Selatan	0,513	1002,96	67.05
Sampel 3	25,78	Tenggara	0,36	999,53	92.82
Sampel 4	29,17	Tenggara	0,57	1001,12	59.46
Sampel 5	36,37	Selatan	0,65	1004,3	65.5
Sampel 6	35,47	Barat daya	0,87	1002,4	54.98
Sampel 7	26,56	Selatan	0,38	1001,49	85.1
Sampel 8	36,09	Barat daya	0,68	1002,8	48.56
Sampel 9	27,63	Barat daya	0,33	1003,7	81.88
Sampel 10	36,38	Selatan	0,56	1004,3	52.8

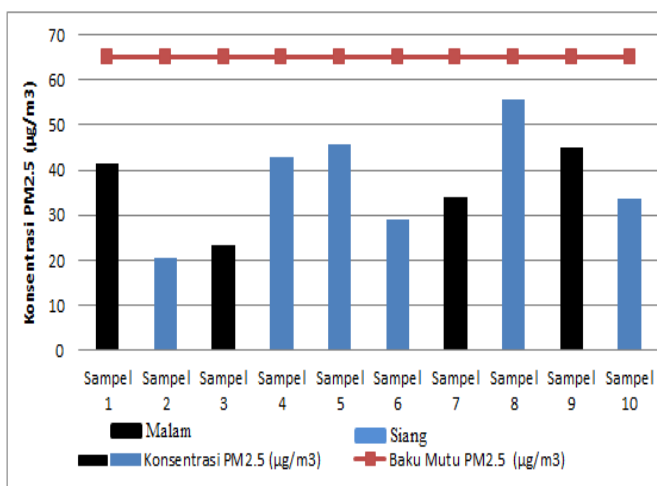
Sumber: Hasil Analisis, 2014

### 4.2 Konsentrasi PM<sub>2.5</sub>

**Tabel 4.2 Konsentrasi PM<sub>2.5</sub>**

Kode Sampel	Konsentrasi PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Sampel 1	41.44332963
Sampel 2	20.53583966
Sampel 3	23.33618144
Sampel 4	42.75188439
Sampel 5	45.67841441
Sampel 6	29.07688207
Sampel 7	34.16416962
Sampel 8	55.70346509
Sampel 9	44.99215781
Sampel 10	33.75967581

Sumber: Hasil Analisis, 2014



**Gambar 4.1 Perbandingan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dengan baku mutu**

### 4.3 Konsentrasi Inorganik Ion dalam PM<sub>2.5</sub>

**Tabel 4.3 Konsentrasi Inorganik Ion dalam PM<sub>2.5</sub>**

Unit: [µg/m <sup>3</sup> ]	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6	Sampel 7	Sampel 8	Sampel 9	Sampel 10
Cl <sup>-</sup>	0.239	0.074	0.113	0.078	0.119	0.106	0.158	0.217	0.227	0.105
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.534	0.282	0.374	0.235	0.410	0.417	0.362	0.611	0.337	0.296
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.335	0.841	1.691	2.195	1.301	0.854	1.469	3.748	1.066	0.512
Na <sup>+</sup>	0.084	0.044	0.058	0.099	0.075	0.111	0.050	0.213	0.044	0.030
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.252	0.126	0.472	0.660	0.168	0.140	0.326	0.879	0.142	0.072
K <sup>+</sup>	0.752	0.549	0.413	0.361	0.431	0.334	0.409	0.573	0.575	0.132
Mg <sup>2+</sup>	under	under	under	under	under	under	under	under	under	under
Ca <sup>2+</sup>	0.174	0.087	0.414	0.216	1.055	0.573	1.165	1.731	0.402	0.613
TA	2.108	1.198	2.178	2.507	1.830	1.377	1.989	4.576	1.630	0.912
TC	1.262	0.806	1.357	1.337	1.730	1.158	1.949	3.395	1.163	0.847
Total Ion	3.370	2.004	3.534	3.845	3.559	2.535	3.938	7.972	2.793	1.759
PM <sub>2.5</sub>	41,433	20,536	23,336	42,752	45,678	29,077	34,1640	55,703	44,992	33,760

Sumber: Hasil Analisis, 2014

### 4.4 Identifikasi Sumber Pencemar

#### [1] Pembakaran Biomassa (*Biomass Burning*)

**Tabel 4.4 Perbandingan rasio inorganik ion sampel dengan pembakaran biomassa**

Unit: [%]	Biomass Burning	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6	Sampel 7	Sampel 8	Sampel 9	Sampel 10
Cl <sup>-</sup>	1.00	0.58	0.36	0.48	0.18	0.26	0.36	0.46	0.39	0.50	0.31
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.00	1.29	1.37	1.60	0.55	0.90	1.43	1.06	1.10	0.75	0.88
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	21.00	3.22	4.10	7.25	5.13	2.85	2.94	4.30	6.73	2.37	1.52
Na <sup>+</sup>	1.00	0.20	0.21	0.25	0.23	0.16	0.38	0.15	0.38	0.10	0.09
K <sup>+</sup>	2.00	1.81	2.67	1.77	0.85	0.94	1.15	1.20	1.03	1.28	0.39

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Dengan adanya potassium (K<sup>+</sup>) merupakan tanda bahwa sumber pencemar yang teridentifikasi adalah dari pembakaran biomassa. Dimana rasio dari K<sup>+</sup> terhadap organik karbon berkisar antara 0.06-0.36 dimana apabila sampel memiliki rasio yang sama atau lebih tinggi dapat dikatakan sebagai savannah burning, tropical forest, burning of biofuel, charcoal and agricultural residue (Enchalar et.al., 1995; Andreae and Merlet, 2001 dalam S.L Mkoma et.al., 2013). Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pada sampel 1, 2, 3, persentase potassium (K<sup>+</sup>) mendekati dan bahkan melebihi persentase potassium (K<sup>+</sup>) akibat dari pembakaran biomassa, namun perbandingan rasio inorganik ion dalam PM<sub>2.5</sub> hanya untuk memperkirakan sumber dominan dari sumber pencemar yang ada sehingga hubungan antara perbandingan rasio inorganik ion dalam PM<sub>2.5</sub> terhadap penentuan sumber pencemar dominan memiliki hubungan korelasi yang lemah namun tetap dapat digunakan untuk memperkirakan sumber pencemar dominan dari sepuluh sampel yang di ambil. Perbandingan karakteristik inorganik ion dalam PM<sub>2.5</sub> ambien akibat kebakaran lahan gambut dengan kesepuluh sampel yang di ambil dapat diketahui bahwa sampel 3, 4, 5, 7, 8, dan 9 memiliki karakteristik yang sama dengan karakteristik inorganik ion dalam PM<sub>2.5</sub>



pada udara ambien yang dilakukan di singapura sebagai dampak kebakaran lahan gambut di pulau sumatera (Balasubramanian R et al.,2003).

## [2] Aerosol air laut (seasalt aerosol)

Konsentrasi dari non-seasalt sulfate (nss- $\text{SO}_4^{2-}$ ), non-seasalt potassium (nss- $\text{K}^+$ ), dan non-seasalt  $\text{Ca}^{2+}$  (nss- $\text{Ca}^{2+}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{nss- } \text{SO}_4^{2-} &= [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{Na}^+] 0.2516 \\ &= 1.335 - (0.084 \times 0.2516) \\ &= 1.3134 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{nss- } \text{K}^+ &= [\text{K}^+] - [\text{Na}^+] 0.037 \\ &= 0.752 - (0.084 \times 0.037) \\ &= 0.748 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{nss } \text{Ca}^{2+} &= [\text{Ca}^{2+}] - [\text{Na}^+] 0.0385 \\ &= 0.174 - (0.084 \times 0.0385) \\ &= 0.171 \mu\text{g}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

**Tabel 4.5 Hasil perhitungan non-seasalt aerosol**

Unit: [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$
Sampel 1	1.313	0.749	0.171
Sampel 2	0.830	0.547	0.085
Sampel 3	1.676	0.411	0.412
Sampel 4	2.170	0.358	0.213
Sampel 5	1.282	0.428	1.052
Sampel 6	0.827	0.330	0.569
Sampel 7	1.456	0.407	1.163
Sampel 8	3.695	0.565	1.723
Sampel 9	1.055	0.574	0.400
Sampel 10	0.504	0.131	0.612

Sumber: Hasil Analisis, 2014

$$\begin{aligned} \text{Persentase nss- } \text{SO}_4^{2-} &= \frac{\text{nss- } \text{SO}_4^{2-}}{[\text{SO}_4^{2-}]} \times 100 \\ &= \frac{1.3134}{1.335} \times 100 \\ &= 98.41 \% \end{aligned}$$

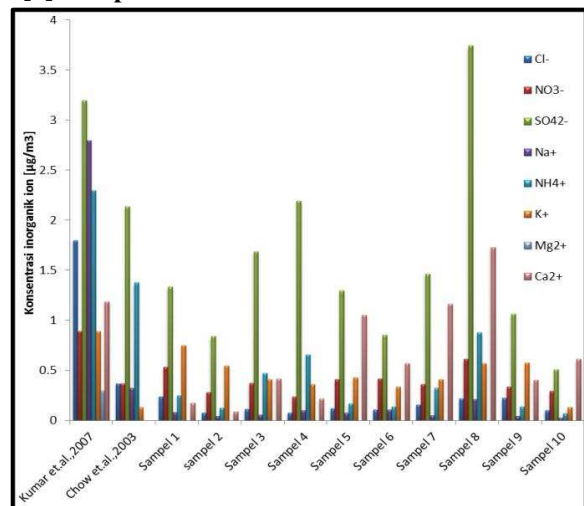
**Tabel 4.6 Persentase non-seasalt aerosol**

Unit: [%]	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$
Sampel 1	98.417	99.587	98.146
Sampel 2	98.680	99.702	98.045
Sampel 3	99.139	99.481	99.462
Sampel 4	98.862	98.983	98.233
Sampel 5	98.551	99.357	99.727
Sampel 6	96.742	98.775	99.257
Sampel 7	99.146	99.549	99.835
Sampel 8	98.572	98.626	99.527
Sampel 9	98.957	99.716	99.576
Sampel 10	98.512	99.151	99.810

Sumber: Hasil Analisis, 2014

Dari tabel 4.4 dan 4.5 diketahui bahwa persentase nss-  $\text{SO}_4^{2-}$ , nss-  $\text{K}^+$  dan nss  $\text{Ca}^{2+}$  lebih dari 95% maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada sampel yang terpengaruh oleh seasalt aerosol. Hal ini dikarenakan jarak laut sekitar 43 km dari lokasi sampling sehingga tidak mempengaruhi sampel.

## [3] Asap kendaraan bermotor

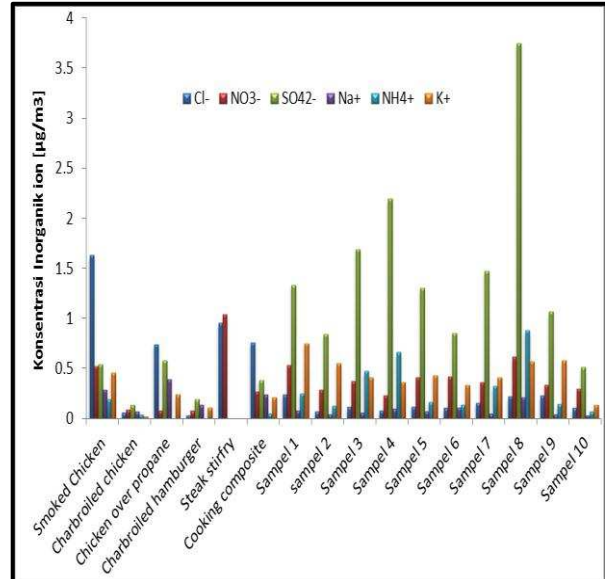


**Gambar 4.2 Perbandingan konsentrasi inorganik ion dengan asap kendaraan**

(Sumber: Kumar et.al.,2007 dan Chow et.al.,2003)

Pada grafik terlihat bahwa dari semua sampel yang dianalisis terdapat kandungan  $\text{SO}_4^{2-}$  yang tinggi apabila dibandingkan dengan ion-ion lainnya. Jadi dapat diketahui bahwa asap kendaraan bermotor merupakan sumber dominan dari sampel yang diambil di lapangan.

## [4] Kegiatan memasak (cooking profile)

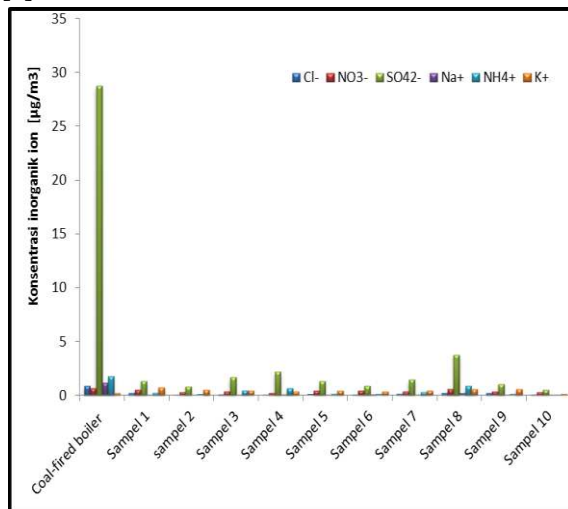


**Gambar 4.3 Perbandingan konsentrasi inorganik ion dengan kegiatan memasak**

(Sumber: Chow et.al.,2003)

Pada grafik terlihat bahwa sampel tidak terpengaruh dengan adanya kegiatan memasak dikarenakan pada seluruh sampel ion didominasi oleh  $\text{SO}_4^{2-}$ . Karakteristik ion yang berasal dari kegiatan memasak yaitu ion dominannya berupa  $\text{Cl}^-$ , sedangkan dari kesepuluh sampel tersebut didominasi oleh ion  $\text{SO}_4^{2-}$ .

## [5] industri



**Gambar 4.4 Perbandingan konsentrasi inorganik ion dengan industri**

(Sumber: Chow et.al.,2003)

Pada grafik terlihat bahwa ion dominan akibat dari kegiatan industri yaitu berupa  $\text{SO}_4^{2-}$  yang tinggi yaitu diatas  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari sepuluh sampel yang diambil di lapangan konsentrasi  $\text{SO}_4^{2-}$  tidak ada yang mencapai ataupun mendekati  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  meskipun dari karakteristik yaitu sama-sama memiliki karakteristik ion dominan berupa  $\text{SO}_4^{2-}$ . Dari data di atas dapat diketahui bahwa kegiatan industri bukan merupakan sumber pencemar dominan dari sampel yang di ambil di lapangan. Hal ini mungkin karena lokasi dari pengambilan sampel yang bukan merupakan kawasan industri, namun kegiatan industri pabrik pengolahan kelapa sawit yang ada di sekitar lokasi pengambilan sampel tentunya juga memberikan dampak terhadap konsentrasi sulfat yang terkandung dalam polutan  $\text{PM}_{2.5}$  meskipun bukan merupakan sumber pencemar dominan dari sampel yang ada. Sulfat terbentuk dari emisi sulfur dioksida. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) adalah salah satu dari kelompok gas yang sangat reaktif yang dikenal sebagai oksida belerang. Sumber terbesar emisi  $\text{SO}_2$  berasal dari pembakaran bahan bakar fosil pada pembangkit listrik (73 %) dan fasilitas industri lainnya (20 %). Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa kegiatan industri bukan sumber pencemar dominan dari sampel yang di ambil namun berkontribusi kecil terhadap konsentrasi inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  dari sampel yang diambil.

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan terhadap konsentrasi inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  ambien, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Karakteristik inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  Ambien:
  - a. Berdasarkan hasil analisa dan hasil pengukuran konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  yang telah dilakukan diperoleh konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  tertinggi ialah sebesar 55,70

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan untuk konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  terendah yaitu sebesar  $20,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- b. Karakteristik inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  ambien meliputi delapan parameter yaitu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Ca}^{2+}$ . Dimana konsentrasi rata-rata dari delapan parameter tersebut sebesar  $0,144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0,386 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $1,501 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0,081 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0,324 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0,453 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tidak terdeteksi, dan  $0,643 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Inorganik ion dalam  $\text{PM}_{2.5}$  ambien di dominasi oleh  $\text{SO}_4^{2-}$  dengan konsentrasi rata-rata sebesar  $1,501 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
2. Dari hasil analisa yang dilakukan terhadap sepuluh sampel yang diambil di lapangan diketahui bahwa ion dominan dari kesepuluh sampel tersebut yaitu berupa  $\text{SO}_4^{2-}$  sehingga diperoleh sumber pencemar dominan yaitu berasal dari gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar solar dan berasal dari kegiatan industri berupa pabrik pengolahan kelapa sawit dan kilang minyak bumi serta berasal dari kebakaran lahan gambut yang ada di sekitar lokasi pengambilan sampel. Hasil ini diperoleh dengan analisa perbandingan rasio konsentrasi inorganik ion sampel dengan data sekunder dari jurnal-jurnal penelitian terdahulu tentang karakteristik inorganik ion dari berbagai sumber pencemar.

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, 2014. *Siak dalam angka 2014* . Siak: BPS-Kabupaten Siak.
- Balasubramanian, R, W.B Qian, S. Decesari, M.C. Facchini, and S. Fuzzi. 2003. *Comprehensive characterization of  $\text{PM}_{2.5}$  aerosols in Singapore*. Singapore: *Department of Chemical and Environmental Engineering National University of Singapore*
- Chow Judith C, John G. Watson, Hampden Kuhns, Vicken Etyemezian, Douglas H. Lowenthal, Dale Crow, Steven D. Kohl, Johann P. Engelbrecht, and Mark C. Green. 2003. *Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the Big Bend Regional Aerosol Visibility and Observational study*. USA: *Division of Atmospheric Sciences, Desert Research Institute*.
- Dhananjay K. Deshmukh, Manas K. Deb, Ying I. Tsai, Stelyus L. Mkoma. 2011. *Water Soluble Ions in  $\text{PM}_{2.5}$  and  $\text{PM}_1$  Aerosols in Durg City, Chhattisgarh, India*.
- Jimoda, L..A. 2012. *Effects Of Particulate Matter On Human Health, The Ecosystem, Climate And Materials: A Review*. Nigeria: *Department of Chemical Engineering, Ladoke Akintola University of Technology*.

- Kumar, Rakesh, Abba Elizabeth, and A.G Gawane. 2007. *Air Quality Profile of Inorganic Ionic Composition of Fine Aerosols at Two Sites in Mumbai City*. London: Taylor & Francis
- Mkoma, S. L., K. Kawamura, and P. Q. Fu. 2013. *Contributions of biomass/biofuel burning to organic aerosols and particulate matter in Tanzania, East Africa, based on analyses of ionic species, organic and elemental carbon, levoglucosan and mannosan*.
- Mkoma, S.L, Wang. W, Maenhut W. and Tungaraza C.T. 2010. *Seasonal Variation of Atmospheric Composition of Water-Soluble Inorganic Species at Rural Background Site in Tanzania, East Africa*. Tanzania: Department of Physical Sciences, Faculty of Science, Sokoine University of Agriculture.
- Soedomo, Moestikahadi. 2000. *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*. Bandung : ITB Bandung.
- Wan Wang, 2010. *Inorganic and organic Speciation Of Atmospheric Aerosols By Ion Chromatography and Aerosols Chemical Mass Closure*. Belgia: Ghent University.

Internet:

<https://earth.google.com/> di akses tanggal 17 februari 2015